ＲＩ水分密度計

型式　ＥＴＬ－10EX

（設計認証番号 ㊐ 039）

取扱説明書

（平成 25 年４月版）

株式会社　オーテック環境

（　旧社名　　株式会社　チュートク　）

目　　次　　（頁）

・安全上の注意事項 …… 2

(1) 使用上の注意事項
(2) 事業所外での運搬について
(3) 保守、保管について
(4) 線源の廃棄について
(5) その他

・ＲＩ計器をご使用の前に …… 5

・構成及び名称 …… 6

・各部の操作方法 …… 9

・測定作業の流れ …… 10

・操作手順

〔1〕ＲＩ計器の準備 …… 11
〔2〕基準計数率測定 …… 12
〔3〕基準ＢＧ（バックグラウンド）測定 …… 13
〔4〕工種、材料番号の入力　ＩＮＰＵＴ …… 15
〔5〕材料情報の入力　ＤＡＴＡ　ＩＮＰＵＴ …… 16
〔6〕モード選択　ＳＥＬＥＣＴ …… 17
〔7〕現場測定　ＦＩＥＬＤ …… 18
〔8〕強熱減量補正係数（α値）の測定　α　ＭＯＤＥ …… 22

・付録 1. ＲＩ計器の原理 …… 26

・付録 2. 測定結果の計算式 …… 28

・付録 3. ＲＩ計器のチェック機能 …… 29

・付録 4. 消耗品の交換、その他 …… 30

・付録 5. トラブルシューティング …… 32

・付録 6. 仕様 …… 34

・付録 7. フローチャート

ＲＩ計器使用のフローチャート …… 35
通常現場測定のフローチャート …… 36
強熱減量補正係数（α）測定のフローチャート …… 37

・付録 8. 材料情報の入力と基準試験番号の動き …… 38

安全上の注意事項

この度は弊社水分密度計をご利用いただき、誠に有難うございます。水分密度計で使用する放射線源は極めて微小のため、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」において永く放射性同位元素の定義からはずれ規制の対象外でしたが、国際標準の取り入れ等の目的から先の法律は一部が改正され、新法が平成１７年６月より施行されています。これにより水分密度計に使用される放射線源も放射性同位元素の対象となっていますが、法改正にともなう社会的混乱を避ける緩和措置として、同時に設計認証制度が設けられました。弊社製品も平成１９年４月に国の設計認証（認証番号㊅０３９）を取得していますので、ユーザー様は大幅な規制を受けることなく使用が可能です。ただし、従来に無いいくつかの規制は受けますのでユーザー様におかれましては以下の点に十分注意しご使用ください。

（１）使用上の注意事項

□ 使用開始および使用廃止の届出が必要

本器を使用するにあたり、使用開始後３０日以内に原子力規制委員会宛に「表示付認証機器使用届」（添付資料の様式第四）を、使用終了後３０日以内に「表示付認証機器使用廃止及び廃止措置計画届」（添付資料の様式第三十七）および「許可の取消し、使用の廃止等に伴う措置の報告書」（添付資料の様式第三十六）を提出する義務があります。また、代表者、所在地、使用台数等に変更がある場合には変更後３０日以内に「表示付認証機器使用変更届」（添付資料の様式第四）を提出する義務があります。尚、届出書類の記載方法につきましては同梱の「密封線源（RI 計器）に関する改正法令についてのご案内」をご参考ください。

□ 年間最大使用時間は１人当たり２９２時間

弊社水分密度計の年間使用時間は一人当たり２９２時間に設定されていますので、この時間を超えて使用しないでください。超える場合には作業者を交代してください。

□ 電源の入、切とは関係なく常に放射線は放出

本器の電源の入、切とは関係なく常に放射線は放出されていますので次の点にご注意ください。

◇ 作業は手短に行い、不必要に接近しないでください。

◇ 放射線源は線源棒の尖端近くに封入されていますから測点間の移動中は計器本体に線源棒を装着したまま、線源棒尖端をなるべく体から離して持ち歩いてください。

◇ 線源棒の脱着時は線源棒のネジ側を握り、尖端部は握らないでください。

□ 線源棒の紛失、盗難に注意！

本器には線源棒の紛失防止機能（→詳細はＰ８）が施されていますが紛失、盗難にはくれぐれもご注意ください。バックグラウンド測定等、必要以外はRI計器本体より線源棒は取り外さないでください。バックグラウンド測定で線源棒を取り外す際には見張りをたててください！

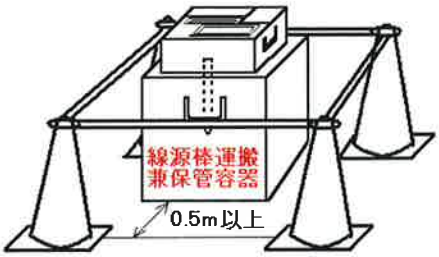
※万一、放射線源の所在不明が生じた場合は原子力規制委員会　原子力規制庁　原子力防災課　事故対処室（TEL　03-5114-2112　FAX　03-5114-2197　E-mail :genjisin@nsr.go.jp）への報告ならびに最寄りの警察署への事故届が使用者の法令上の義務となります。その際には先ず弊社（TEL 本社０３-３６９９-６３３１、０９０-１６１３-６３３１工場０３-３５２２-７２１１、０８０-４０９５-２６１６）までご一報ください。

□ 線源棒の分解、組立ては絶対行わないでください。

（2）保守、保管について

□ 保管はみだりに持ち運ばれぬよう施錠設備のある室内で行い、保管中は出入り口を施錠してください。

□ 線源棒はＲＩ計器本体に装着したまま線源棒運搬兼保管容器の所定箇所に入れ、線源棒運搬兼保管容器から0.5m以内に近づかない処置を施して保管してください。



保管時の立入禁止措置の一例

□ 高温の場所では保管しないでください。特に、真夏の長時間密閉した車内等での保管は避けてください。故障の原因となります。

□ 長期間、使用しない時には、1ヶ月に一度の割合でバッテリーの充電を行ってください。

（3）線源棒の処分について

□ レンタルの場合はもとよりユーザー様所有器の場合であっても線源の廃棄を独自に行うことは法令で禁じられ、メーカーへの引渡しが義務付けられています。不要になった線源棒の処分は弊社へ委託ください。

（4）返却時の運搬について

□ 弊社出荷時、線源棒は法令にもとづき専用の運搬兼保管容器に入れ、L型放射性輸送物として出荷していますので、弊社返送時にも同じ状態でご返送ください。また、その際の運送会社は必ず弊社指定の「西武運輸」をご利用ください。西武運輸の送り状、集荷依頼票を同梱していますのでご利用ください。

□ 返却時には容易に開梱されないよう結束バンドで縛る等の措置を講じてください。

（5）その他

□ RI計器には個々に有効期限があり期限の範囲外でのご使用はできません。有効期限は１０EXタイプではRI計器性能確認試験済証に、また１０Sタイプでは RI計器性能確認試験報告書に表記されています。

□ 同じ工事現場で2台以上のRI計器をご使用の場合、線源棒は互いに20m以上隔ててご使用ください。20m以内で使用すると測定値に悪影響があります。

□ RI計器は本体、基準ボックス、線源棒で構成され、三位一体としての固有の校正定数が入力されていますので、その組み合わせを変えて使用することはできません。

□ 雨天、降雪時には使用しないでください。本装置は防滴が施されていますが、防水処置ではあ

りませんので雨天、降雪時の使用は感電、故障の原因になります。また、特にプリンター部のフタを開けたまま測定しているとゴミ、ホコリ、浸水により動作不良になる場合があります。

□ 夏の炎天下での測定では、紫外線により液晶画面が黒くなることがあります。殆どは調整ツマミで対応できますが、それでも見づらい場合は画面に日陰を作ってください。しばらくすると回復します。

□ バッテリーは交流 100Vで充電してください。100V以外の使用は火災、故障の可能性があります。

□ 計器本体の分解は行わないでください。内部には高圧の電流が流れていますので感電の恐れがあります。内部の点検、調整、修理は必ず弊社へご依頼ください。

□ 電源コードを傷つけたり、引っ張ったり、潰したりはしないでください。火災、感電の恐れがあります。

□ RI 計器は精密機器です。過度の衝撃、振動を与えないでください。過度の衝撃、振動は故障の原因となります。

□ 煙、異臭の発生等の異常事態が発生した時は速やかに電源スイッチを切り、電源プラグをコンセントから抜いてください。異常が収まったのを確認の上、すみやかに弊社までご連絡ください。

□ 一部の RI 計器には USB スロットを装備しています。USB スロットのゴムキャップは防塵、防滴上、必要以外はお閉めください。

□ 本取扱説明書には計器の取扱い説明と、放射性同位元素等の取扱いを定めた法規のうちユーザー様が実施すべき事柄を含めて説明しておりますので本取扱説明書および各土木工事発注機関の施行管理基準に基づいてご使用ください。

ＲＩ計器をご使用の前に

RI 水分密度計で正しい現場測定データ（空気間隙率 Va、締固度 Dc など）を求めるには、事前に次の 3 データが必要になります。

◇　最大乾燥密度（ρ dmax）・・・事前の材料試験データが使えます

◇　土粒子密度（ρ s）・・・・・・事前の材料試験データが使えます

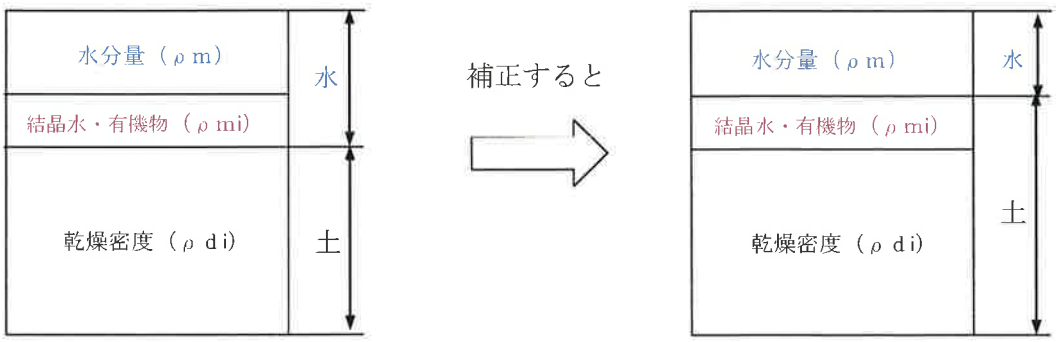
◇　強熱減量補正係数（α）・・・RI 計器と材料試験により決定します

（事前の自然含水比は使えません）

このうち最大乾燥密度と土粒子密度は事前の材料試験データが使えますが、強熱減量補正係数は RI 計器での自然含水比と材料試験での自然含水比を同時期に比較決定する値です（**事前の自然含水比は使えません**）。材料試験には通常、数日を要しますので**本器導入後、正しい現場測定データを得るにも数日を要します**ので工事日程に支障のないようご注意下さい。ただし、特別規定値管理（D s 管理）では、これらのデータは不要です。

☆　強熱減量補正係数（α）とは・・・

強熱減量補正係数は RI 計器の水分量が測定原理上、炉乾燥法の水分量と異なって出てしまうために、炉乾燥法の値に合わせてやるための補正係数で、一度、決定すると材料が変わらない限り使える材料固有の値です。炉乾燥法（110℃で 8～24 時間乾燥）では結晶水、有機物は蒸発、分離せずに残り、これらも土とみなします。しかし RI 計器では中性子線と水素の原子核との相互作用から水分量を求めますので、普通の水以外の結晶水や有機物中の水素原子核とも相互作用し、これらも水とみなします。その結果、強熱減量補正前の RI 計器は一般的に炉乾燥法よりも高目の水分量を示します。この違いを補正するには、あらかじめ RI 計器で実際に土の含水比を測定するとともに、この場所の土を同時に採取し、なるべく早く炉乾燥法でも含水比を求めてやる必要があります。これらの工程には数日かかりますから、本格的な現場測定はこれ以降から可能となります。

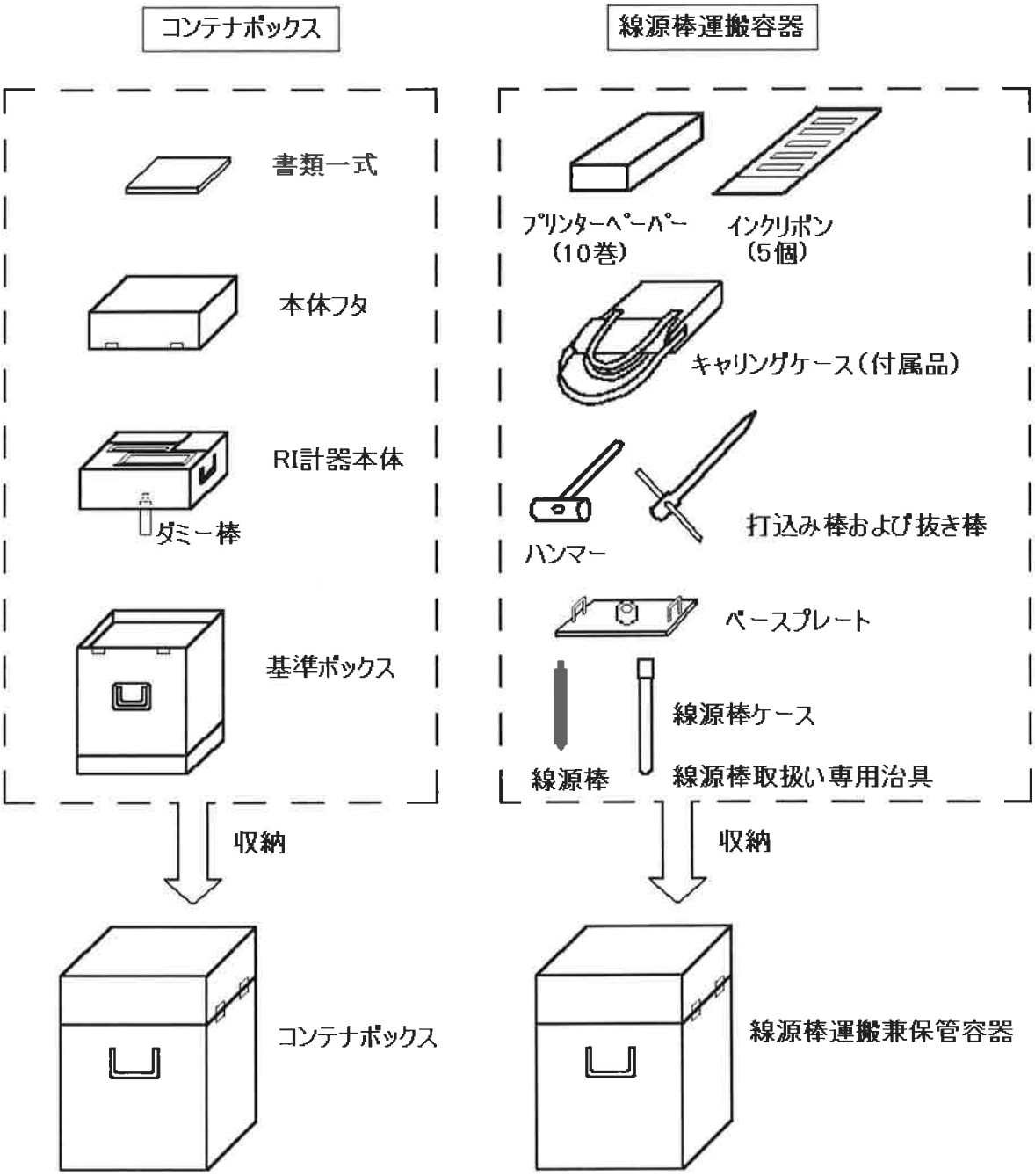


補正前の RI 計器

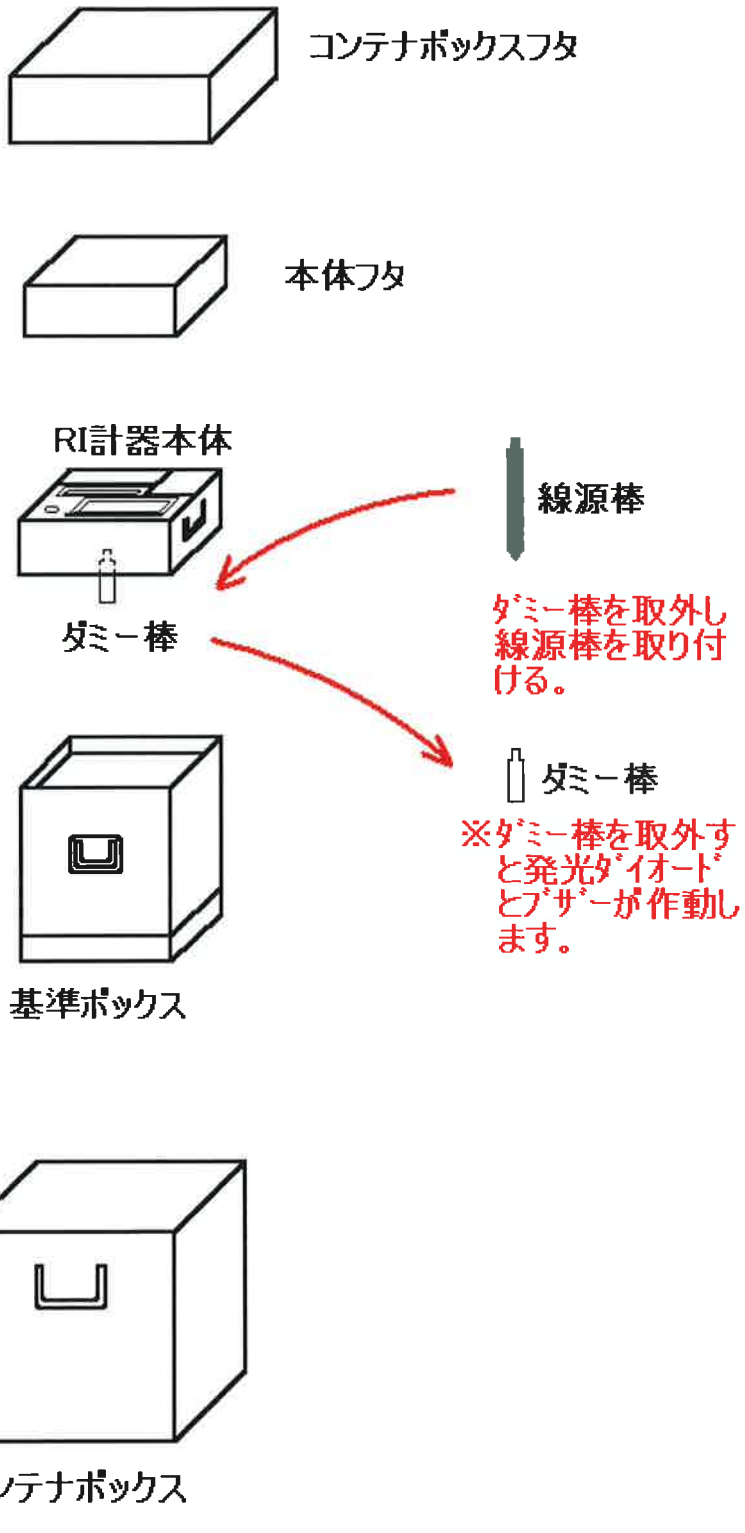
補正後の RI 計器は
炉乾燥法と同じ

構成および名称

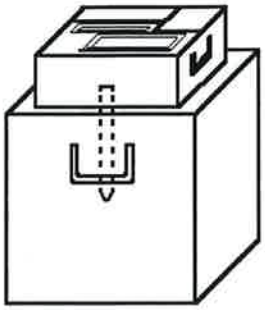
運搬時の梱包状態



到着後の開封


コンテナボックスフタ
本体フタ
RI計器本体
線源棒
ダミー棒を取外し
線源棒を取り付
ける。
ダミー棒
※ダミー棒を取外す
と発光ダイオード
とブザーが作動し
ます。
基準ボックス
コンテナボックス

保管時の状態

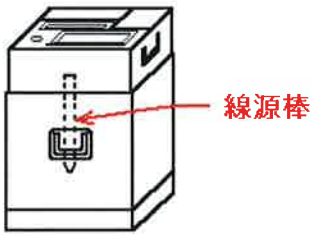


線源棒運搬兼保管容器

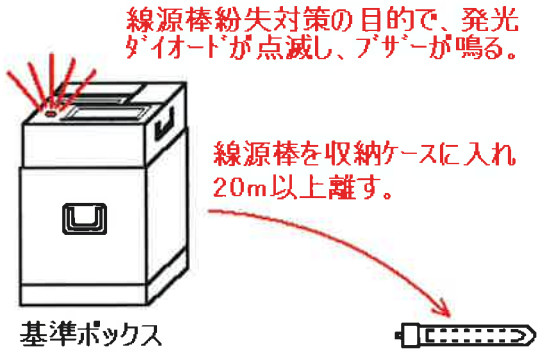
線源棒運搬兼保管容器の孔に線源棒が収まる様にRI計器本体を保管する。

使用時の状態

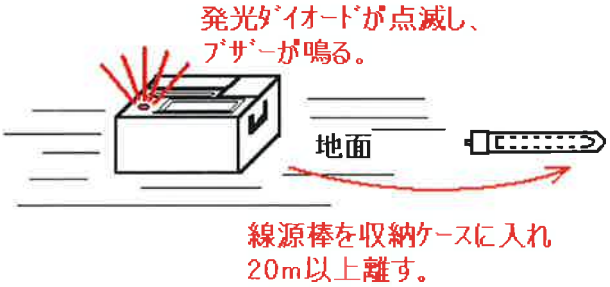
①ｳｫｰﾐﾝｸﾞｱｯﾌﾟ，基準計数率測定時



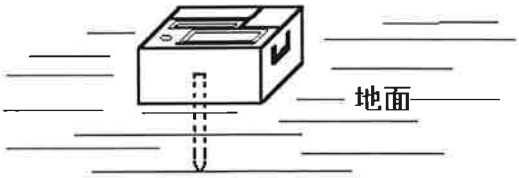
②基準ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ測定時



③現場ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ測定時



④現場密度測定時

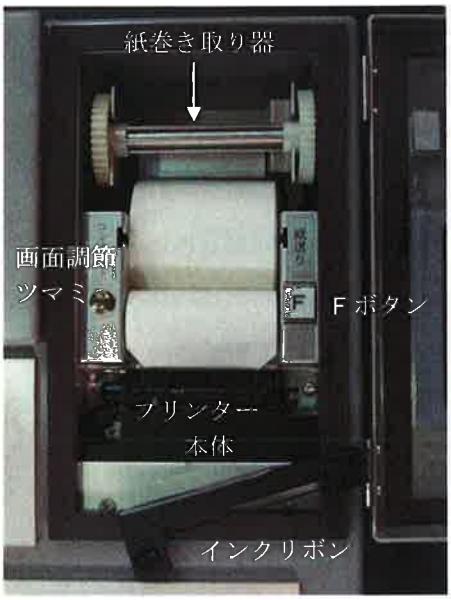


各部の操作方法

(1) ロール紙の交換

① インクリボン右端の PUSH の部分を押すと、反対側が浮きますのでそのまま取り出します。
② ロール紙の先端両角を下の写真のように切り取ります。

③ ロール紙にシャフトを通し、紙受けに入れます。
④ ロール紙の先端をプリンターの差込口にあてながら、[F]ボタンを押し紙送りします。
⑤ インクリボンにロール紙を通し、インクリボンをセットします。



＊ 製造年月で写真と構造が若干異なる場合があります。

(2) インクリボンの交換

① インクリボン右端の PUSH の部分を押すと、反対側が浮きますのでそのまま取り出します。
② 新しいリボンにロール紙を通し、リボンをセットします。

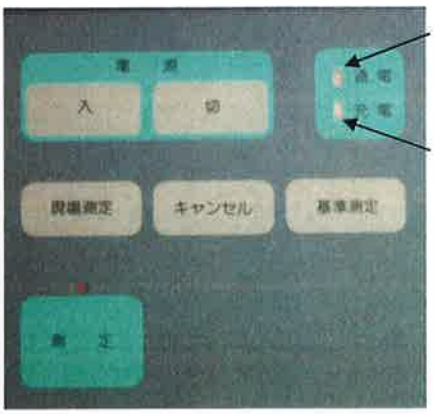
(3) 液晶画面コントラストの調整

バッテリーボックス内に付属の小ドライバーでつまみを回し、調整します。

(4) バッテリーの充電

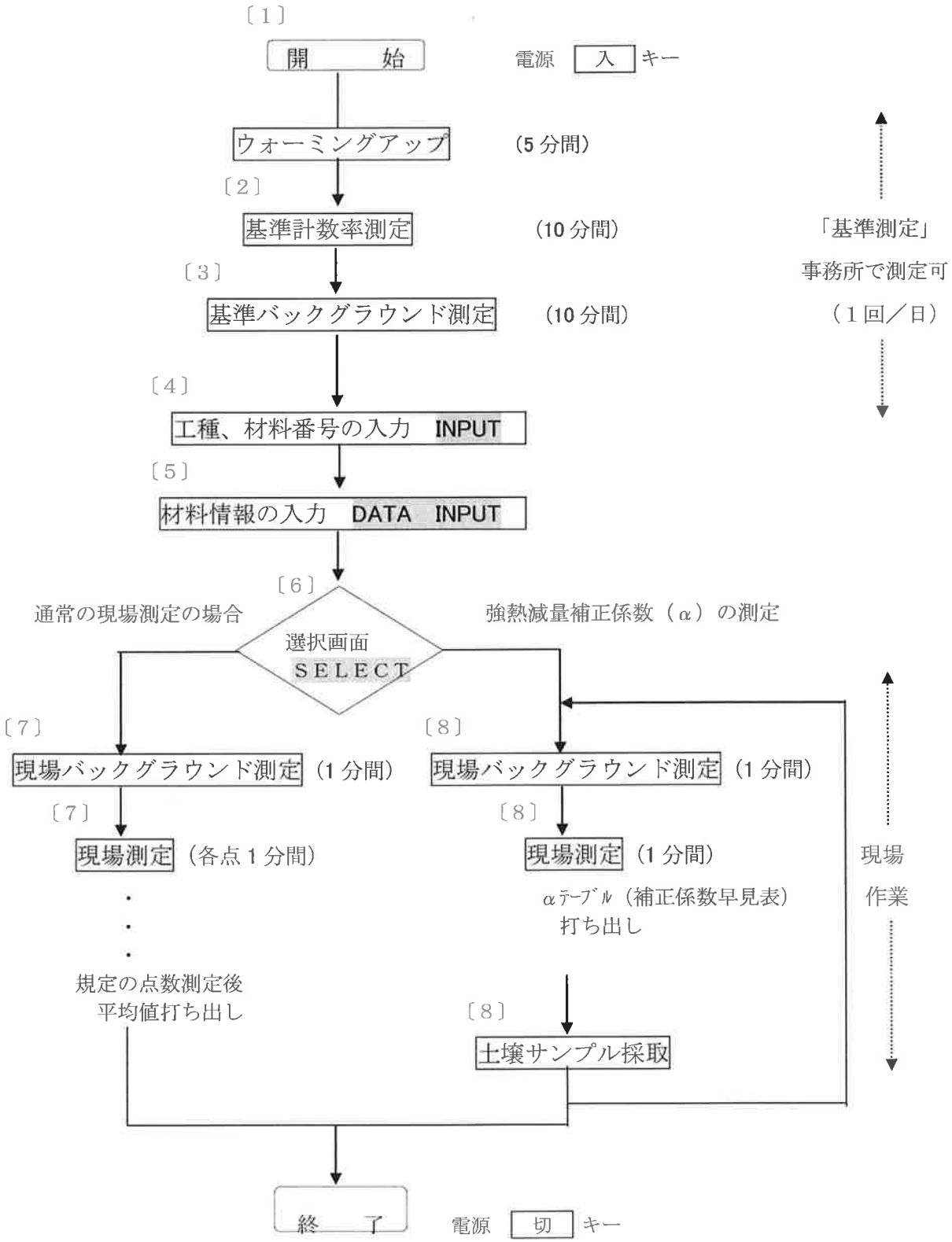
使用後はバッテリーボックス内に収められている充電コードを交流 100V コンセントに差込み、充電して下さい。キーボードの通電および充電ランプが点灯します。充電ランプが消えると充電完了です。

※ バッテリーのサイクル寿命の要因の一つに放電深度があります。充電しないで何日も使用（放電量が多く充電量の少ない状態）、充電を繰り返しますとバッテリーの寿命は究めて短くなります。例え 1 日、数時間の使用でも使用後は毎日必ず充電してください。



測定作業の流れ

〔 〕内の数字は次頁以降の「操作手順番号」に対応。

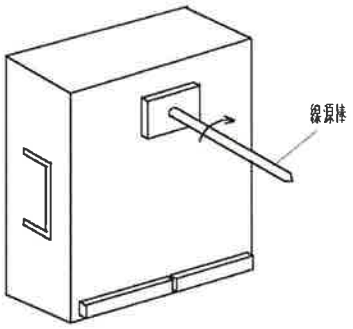


操　作　手　順

〔1〕ＲＩ計器の準備（ウォーミングアップ）

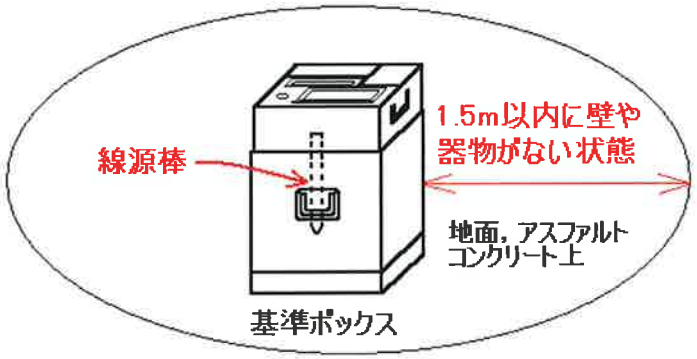
① 線源棒をＲＩ計器に装着する時には、装着部が緩んでないか確認して下さい。

＊　計器本体、基準ボックスはコンテナボックスより、取り出して下さい。基準ボックスがコンテナボックスに入った状態で測定すると放射線カウントに影響があります。



② 線源棒部分を基準ボックスの孔に挿入し、ＲＩ計器を基準ボックス上に設置します。

＊　基準ボックスは地面、アスファルトまたはコンクリート上に置き、周囲1.5m以内には壁や器物が無いようにして下さい。



③ 入キーを押す。5分間のウォーミングアップモードに入ります。

＊　ウォーミングアップ中は放射線の計測は行いません。

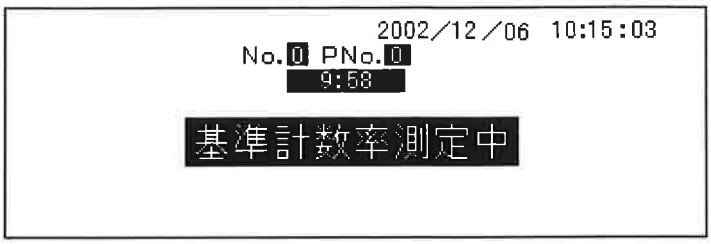
＊　5分間のウォーミングアップが終了すると、

当日初めてＲＩ計器を作動させた場合　・・・　自動的に〔2〕基準計数率測定へ進みます。

当日既に基準計数率測定が行われている場合　・・〔4〕工種、材料番号の入力へ進みます。

〔２〕基準計数率測定

当日、初めて作動させた場合にはウォーミングアップ終了後、自動的に基準計数率測定に入り、画面には以下のメッセージが画面に表示されます。測定時間は 10 分間です。



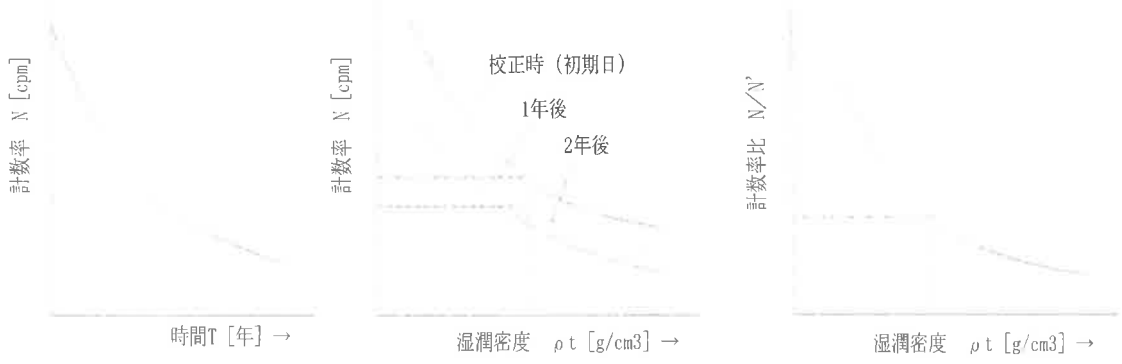
＊　測定中は放射線カウントに影響しますので、計器本体や基準ボックスは動かさないで下さい。

＊　当日、一度基準測定を終えた後、再度基準測定をしたい場合は、後述の手順〔７〕のモード選択で基準測定キーを押すと、上の画面に戻ります。この時は自動で計測は開始されませんので、測定キーを押して測定を開始して下さい。

☆　なぜ基準測定をおこなうのか？

１．放射線核種は指数関数に従い崩壊しますから放射線の計数率も日々、低下していきます。もし、校正時にガンマー線計数率と湿潤密度および中性子線計数率と水分量の相関関係をとると、日数が経過すると、この関係が成り立たなくなってしまします。例えば校正時のガンマー線計数率が６０００〔cpm〕で湿潤密度１．５０〔g／cm〕を示すとします。半年後のガンマー線計数率は計算上ですが５６２６〔cpm〕となり、校正時の相関関係が成り立たなくなってしまいます。（注〔cpm〕はカウントパーミニッツの略で１分間あたりの放射線カウントをあらわす単位。）

そこで基準ボックスでの計数率を分母に、土での計数率を分子の形に表わす（これを計数率比といいます。）と両者とも同じ割合で減衰していきますから時間経過の影響がなくなります。
例えば校正時のガンマー線計数率が基準ボックスで１００００〔cpm〕、土で６０００〔cpm〕、その計数率比は６０００〔cpm〕／１００００〔cpm〕＝０．６、この０．６で湿潤密度１．５０〔g／cm〕を示すとします。　半年後、基準ボックスのガンマー線計数率は計算上９３７７〔cpm〕、土のガンマー線計数率は５６２６〔cpm〕,その計数率比は５６２６〔cpm〕／９３７７〔cpm〕＝０．６で校正時の相関関係が時間が経過してもいつも成り立ちます。



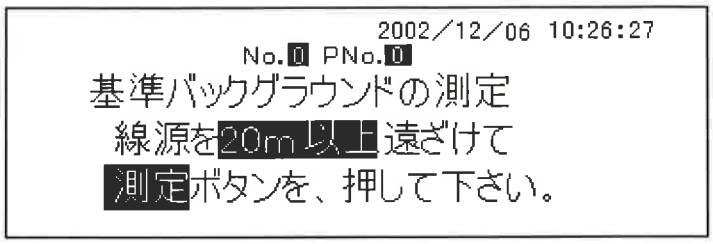
２．当日の放射線カウントの異常を自動的にチェックする。(詳細はｐ２７付録３を参照ください。)

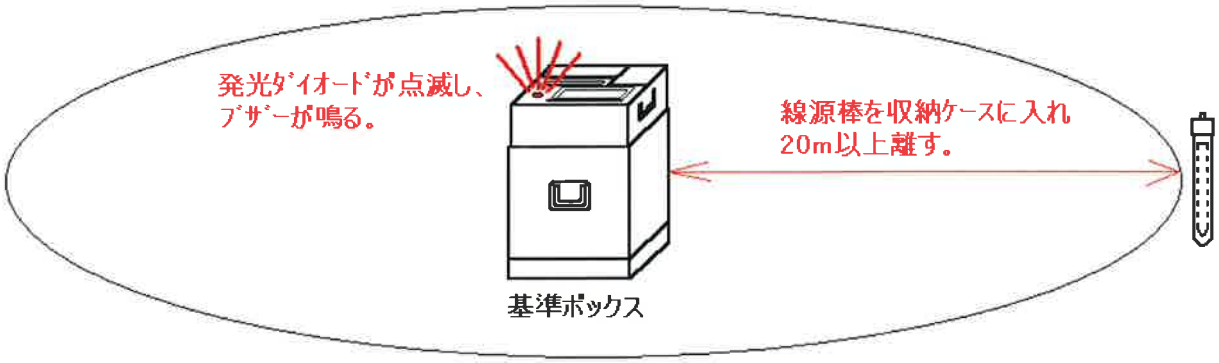
〔3〕基準ＢＧ（バックグラウンド）測定

ここでＢＧ（バックグラウンド）とは、自然放射線（宇宙線、大気や大地からの放射線）を意味します。基準ＢＧ測定は、基準計数率から自然放射線の分を除き、正味の線源の計数率を求める目的でおこないます。

① 画面には次のメッセージが表示されます。ＲＩ計器から線源棒を取り外し線源棒ケースに入れ、20m以上遠ざけます。

＊　このとき線源棒は線源棒ケースに入れ、見失わないよう注意して下さい。



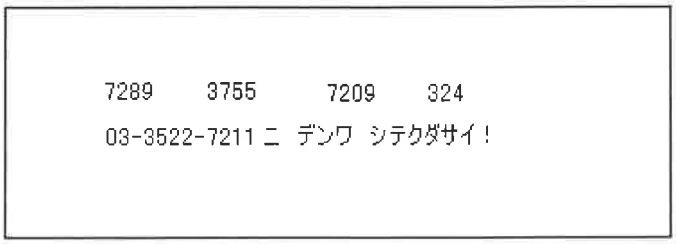


② キーを押して下さい。画面には次のメッセージが表示され10分間、基準ＢＧ測定を行います。

基準ＢＧ測定が終了すると、当日の基準測定は完了し、測定値が正常な場合はその測定値が当日の間、基準計数率、基準ＢＧ計数率として保存されます。

基準計数率が正常な場合　・・・　〔4〕の工種、材料番号の入力へ進みます。
基準計数率が異常な場合　・・・　〔2〕の自動的に再度、基準計数率測定へ進みます。

＊　再測定でも異常な場合は画面に以下のメッセージが表示されるのと同時に、エラーメッセージもプリントされますので弊社までご連絡下さい。



（画面）

（印字）

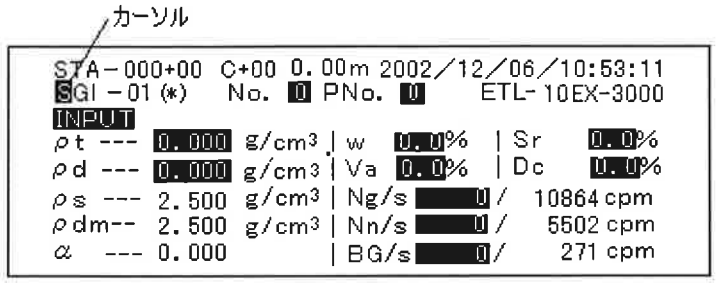
エラーメッセージの例

〔4〕工種、材料番号の入力　　INPUT

基準ＢＧ測定終了後、次の画面が表示されますので現場測定の前、または強熱減量補正係数（α）の測定の前に工種、材料番号を入力し，確定キーを押して下さい。

既に入力され変更がない場合には入力は不要ですので、そのまま確定キーを押して下さい。

〔５〕の材料情報の入力に進みます。



＊　上の画面で２行目左端は

＊＊＊－＊＊（＊）

- （＊）：基準試験番号
- ＊＊＊－＊＊：材料番号
- ＊＊＊：工種

＊　工種は次のように工事区分に応じ記号が定められています。工種記号を変更するには、画面上でカーソルが工種記号のところにある状態で、データ入力キーを押して下さい。順に切り換わります。

（工事区分）	（記号）
下部路体	Ｅｌ
上部路体	Ｅｕ
下部路床	ＳＧｌ
上部路床	ＳＧｕ
裏込め材Ａ	ＢＡ
裏込め材Ｂ	ＢＢ
埋戻し	ＢＣ
盛土地盤材	ＥＧ

＊　材料番号は材料情報の保存、呼び出しに用います。
（01）～（39）までの 39 材料の材料情報が保存可能です。

＊　基準試験番号は、「土工施工管理要領」（日本道路公団　編）に規定されている基準試験の実施回数を示し、入力・変更等の操作はできません。

＊　基準試験は、材料変更の場合または規定の盛土量（㎥）に達した場合毎に実施することになっており、その試験結果をもとにＲＩ計器の材料情報（ρｓ，ρｄｍ，α）を都度変更していきます。

＊　工事区分の記号ＥＧはＲＩ計器性能確認試験済証の有効期限開始日が平成 23 年 4 月 1 日以降のＲＩ計器から追加しています。工事管理支援システム「K-cube」側のシステム改良が遅れているため、当面ＲＩ計器のデータを電子データとして「K-cube」で取り込む場合にはＲＩ計器側の工種はＳＧｕを選択してください。

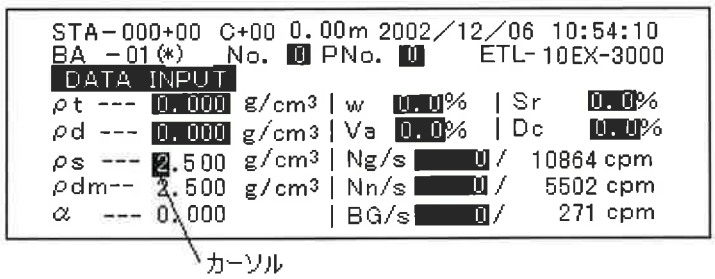
また、ＲＩ計器のデータを「K-cube」に手入力する場合にはＲＩ計器側の工種はＥＧを選択し

てください。いずれの場合も盛土地盤材である旨を材料試験や基準試験結果報告の特記事項に記載してください。

〔5〕材料情報の入力　DATA INPUT

ここでは材料試験で得られた土粒子密度ρｓ、最大乾燥密度ρｄｍ、および強熱減量補正係数の測定により得られた強熱減量補正係数αを数値キーを使って入力し、確定キーを押して下さい。カーソルの移行は→、↓キーで行います。

ただし、この後、強熱減量補正係数αの測定を行う場合はこの時点では材料情報を入力せずに、そのまま確定キーを押して下さい。土粒子密度ρｓ、最大乾燥密度ρｄｍだけを先に入力、後日αを入力すると基準試験番号が本来１つ進むところ、２つ進んでしまいます。ρｓ、ρｄｍ、αはα値が決定してから一度に入力して下さい。



＊　土粒子密度ρｓ、強熱減量補正係数αの入力範囲は以下の通りです。

ρｓ　：　2.3　～　3.0　ｇ／ｃｍ³
α　：　－0.050　～　0.250

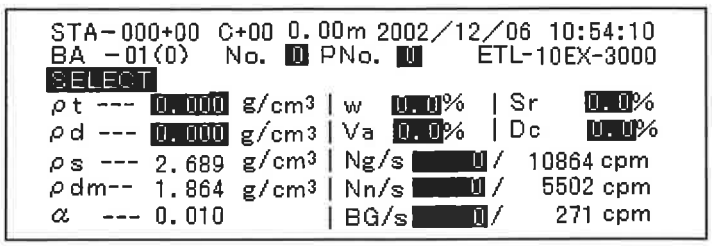
この範囲外だと確定キーを押しても先へ進みません。

＊　α値の＋、－の切り替えは、カーソルをα値の数値のところに移行させ、データ入力キーを押すことで切り替わります。

＊　材料情報の数値をどれか１項目でも変更入力し、確定キーを押すと、画面上の基準試験番号も「1」増える仕組みになっていますが（＊→0→1→2→・・・→9）、この時点ではまだ RI 計器に材料情報は記憶されていません。
変更入力した材料情報は、この後の「現場バックグラウンドの測定」が完了した時点ではじめて確定、記憶されます。したがって測定現場にて材料情報を入力、変更し、そのまま続けて現場測定の作業に移る場合は支障ありませんが、例えば事務所で材料情報を入力し、移動のため一度電源を切ると、直前に入力したデータは消えてしまい、現場で再入力が必要になります。

〔6〕モード選択　　SELECT

ここでは次の画面を表示しますので、以下のどれかを選択して下さい。



○ 現場測定モード⇒　通常の現場測定を行う場合のモードです。現場測定キーを押すと、手順〔7〕に進みます。

○ 強熱減量補正係数（α値）測定モード⇒　初めての材料で、強熱減量補正係数（α値）を決める場合のモードです。α計算キーを押すと、手順〔8〕に進みます。

○　基準測定モード⇒　当日、既に基準測定が終了しているが再度、基準測定が必要な場合基準測定キーを押します。（通常は不要です）

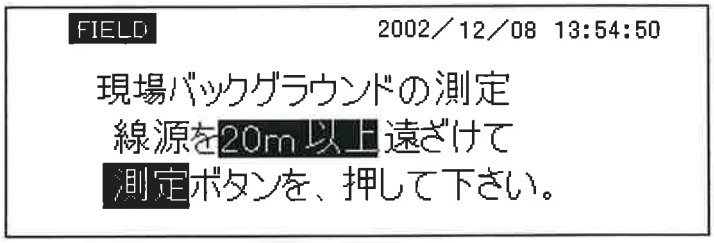
○　キャンセル　　⇒　キャンセルキー、続けてデータ入力キーを押すとINPUTに戻ります。

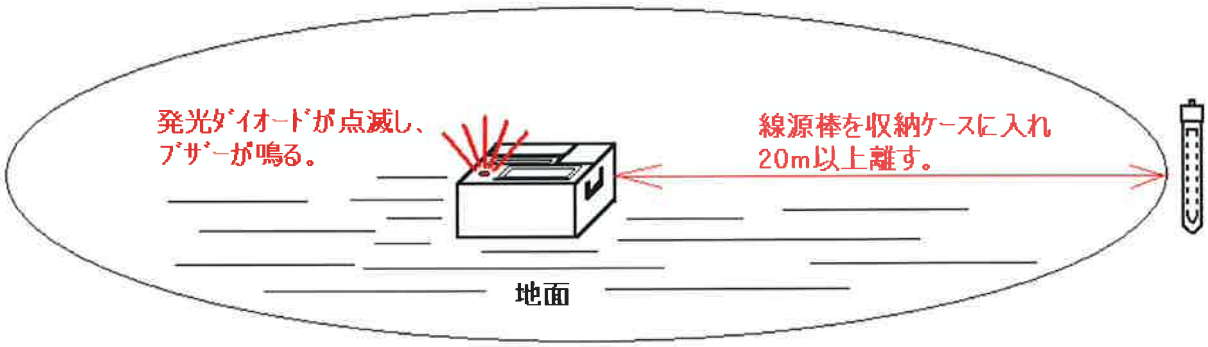
〔7〕現場測定　FIELD

① 現場バックグラウンドの測定

モード選択画面で現場キーを押すと以下の画面に進みます。先ず、現場バックグラウンドの測定を１分間行います。線源棒を20m以上遠ざけてから、ＲＩ計器本体を直接地面に置き、測定キーを押して下さい。

＊　このとき線源棒は線源棒に入れ、見失わないように注意して下さい。

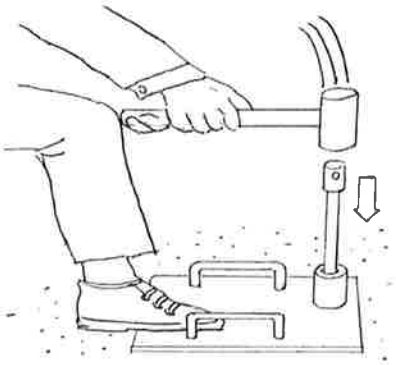




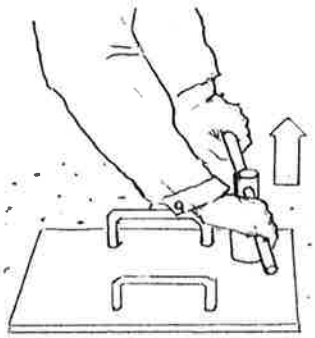
② **準備作業**

下図の手順で測定地点に穴をあけ、計器本体に線源棒を装着して穴を崩さないように静かに線源棒部を挿入し、計器本体を地面に置いて下さい。

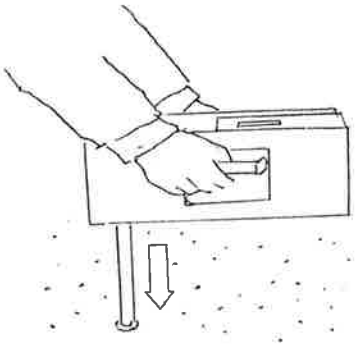
(1) ベースプレートを用い地面を平らにならします。



(2) 打ち込み棒をベースプレートに挿入、ハンマーで打込み棒の頭部を打ち込みます。

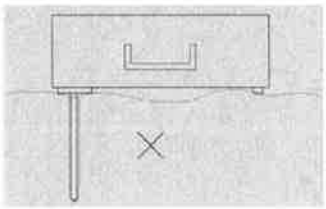


(3) 打ち込み棒の横孔に抜き棒を挿入、打込み棒を地面より抜きます。

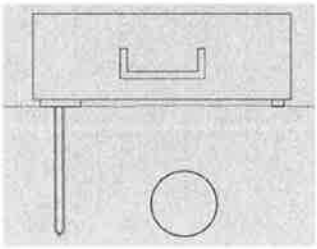


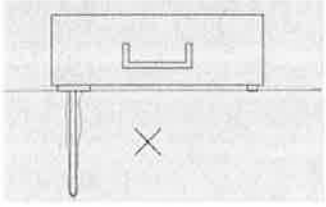
(4) 線源棒を装着したＲＩ計器を地面に開けた穴にセットします。

＊ 次の図のように測定しますと放射線のカウントに影響を与え、正しい測定ができませんのでご注意下さい。

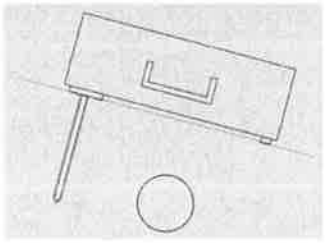


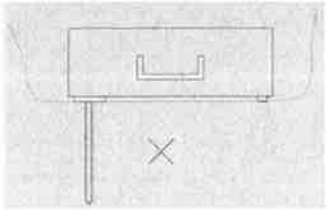
測定面が凹凸





挿入孔が乱れている



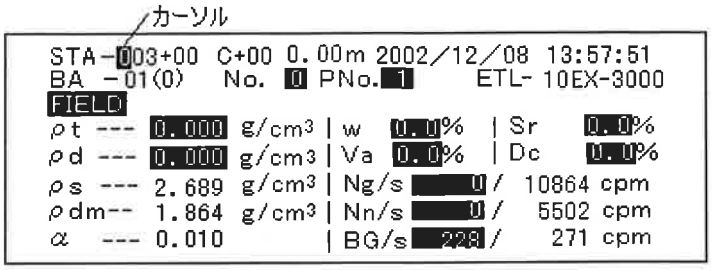


周囲の土が障害

③ 現場測定

③－１

現場バックグラウンドの測定が終了すると表題部をプリントし次の画面になります。カーソルがＳＴＡの位置にありますので、測定位置、変位、深度など必要項目を入力して下さい。



＊　各測定位置は、データ整理の際にわかるよう事前に測点番号を決めておくと便利です。

＊　測定の場所を変える都度、ＳＴＡの位置に測点番号を変更入力してください。
　　測点番号を変更入力しないと測定キーを押しても測定が開始されません。

＊　［STA－003+00　C+00］の「C」は、盛土施工部延長方向の中央を意味し、他に「R」（右）、「L」（左）のように記号を切り換えることができます。変位記号の部分に矢印キーでカーソルを移動させてから、　データ入力キーを押すと、切り換わります。

③－２

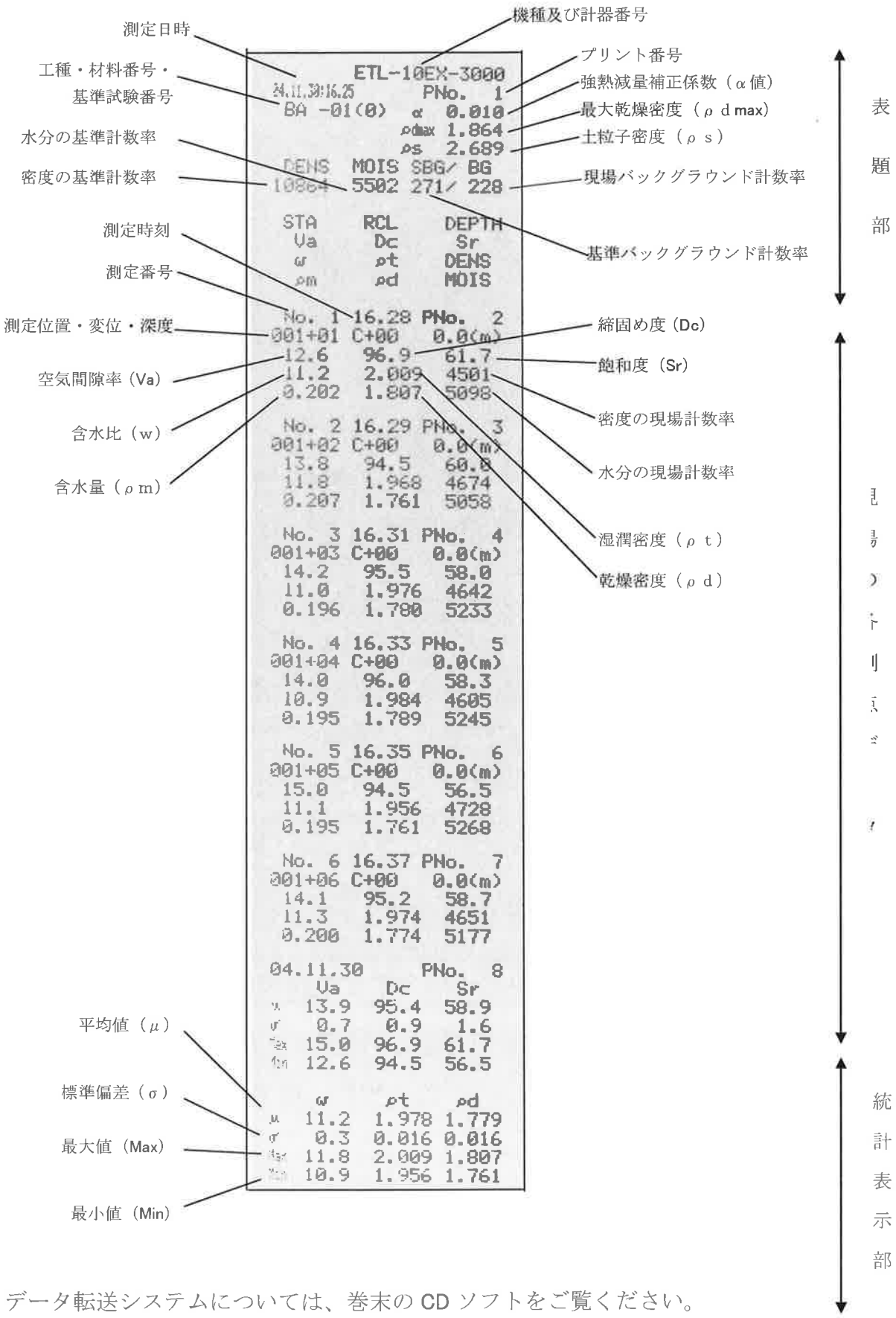
測定キーを押します。1 分間の測定が終了すると画面に測定値を表示するとともに、プリンターに印字します。規定の点数、②～③を繰り返します。
規定点数（15 点または 6 点）の測定を終了すると、自動的に平均値、標準偏差、最大値、最小値を演算、印字します。印字後、ＩＮＰＵＴの画面に戻ります。

＊　途中で測定を中断したい場合は、そのまま電源切キーを押してください。電源を入れて再起動すると、5 分間のウォーミングアップの後、電源を切る直前の画面に戻り、測定を再開できます。

＊　途中で測定を中止したい場合は、キャンセルキー、続けてデータ入力キーを押すとＩＮＰＵＴの画面に戻り、手順〔４〕からの再操作となります。

＊　現場測定終了後も線源棒紛失防止のため、線源棒は計器本体より取り外さないで下さい！

プリンター印字データの説明



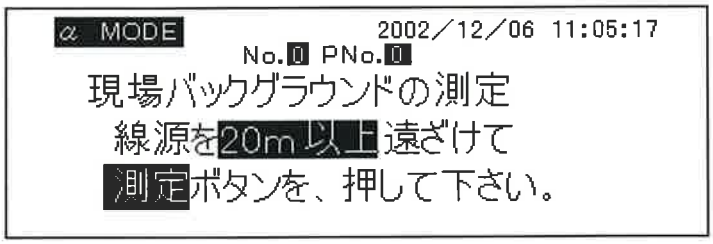
※ データ転送システムについては、巻末の CD ソフトをご覧ください。

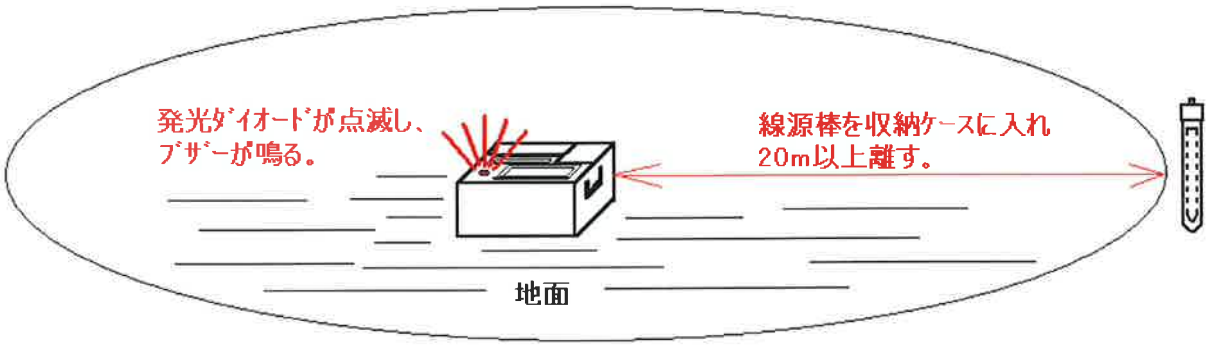
〔8〕強熱減量補正係数（α値）の測定　　α MODE

① 現場バックグラウンドの測定

モード選択画面でα計算キーを押すと次の画面を表示しますので、先ず現場バックグラウンドの測定を1分間行います。線源棒を20m以上遠ざけてから、ＲＩ計器本体を直接地面に置き、測定キーを押して下さい。

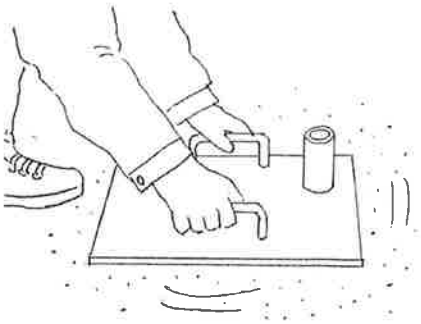
＊　このとき線源棒は線源棒ケースに入れ、見失わないよう注意して下さい。



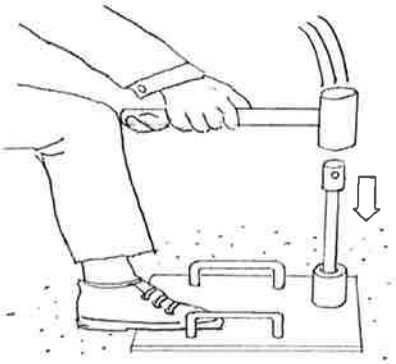


② 準備作業

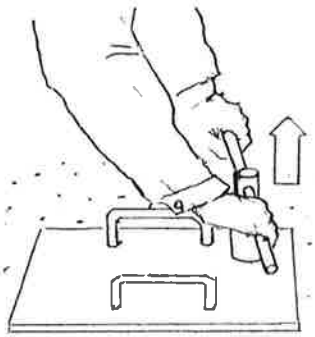
下図の手順で測定地点に穴をあけ、計器本体に線源棒を装着して穴を崩さないように静かに線源棒部を挿入し、計器本体を地面に置いて下さい。



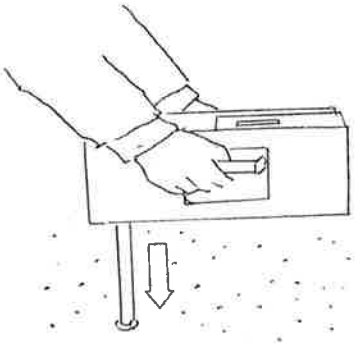
(1) ベースプレートを用い地面を平らにならします。



(2) 打ち込み棒をベースプレートに挿入、ハンマーで打込み棒の頭部を打ち込みます。

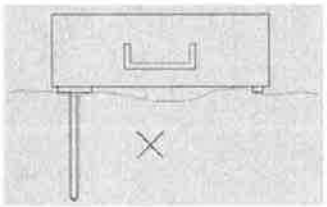


(3) 打ち込み棒の横孔に抜き棒を挿入、打込み棒を地面より抜きます。

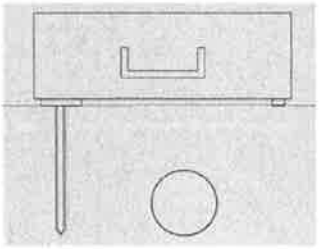


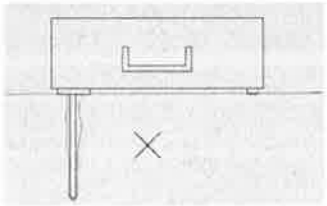
(4) 線源棒を装着したＲＩ計器を地面に開けた穴にセットします。

＊ 次の図のように測定しますと放射線のカウントに影響を与え、正しい測定ができませんのでご注意下さい。

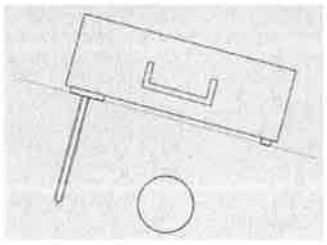


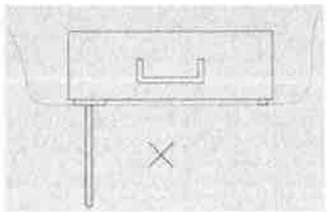
測定面が凹凸





挿入孔が乱れている





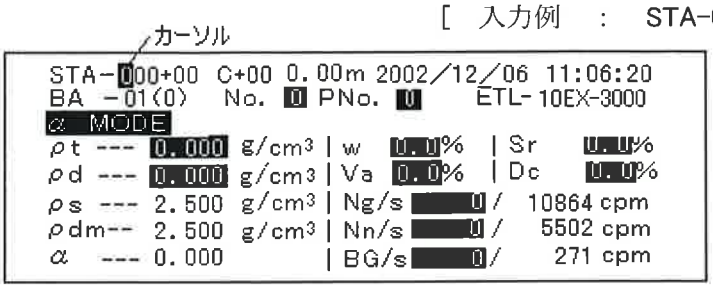
周囲の土が障害

③ 現場測定

③－１

現場バックグラウンドの測定が終了すると表題部をプリントし次の画面になります。
カーソルがＳＴＡの位置にありますので、測定位置（測点番号）を入力して下さい。

［ 入力例 ： STA-001+00 ］



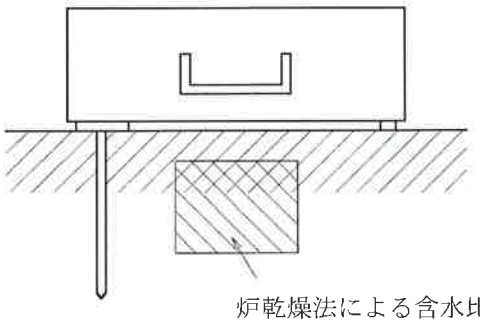
③－２

測定キーを押すと１分間のα測定を開始します。測定が終了するとαテーブル（強熱減量補正係数早見表、P25 参照）を印字します。

＊複数箇所測定する場合は、④の材料採取後α計算キーを押し①から④を繰り返します。また採取試料を区別するため、画面のＳＴＡの位置で測点番号を変更入力して測定し、④で採取した試料にも各々同一の測点番号を明記して下さい。（測点番号を変更しないと測定を開始しません。）

④ 材料を採取し自然含水比（w）を求め、α値を決定する

ＲＩ計器で測定した地点の真下の土、数ｋｇをビニール袋に採り（袋の中の空気は抜いてください）、自然含水比が変化しないうちに、なるべく早く炉乾燥法で自然含水比（w）を求めて下さい。現場測定でプリントされたαテーブルのα値と含水比（w）の組み合わせの中から、含水比（w）に対応するα値を求めます。（P25 参照）
α測定作業を終了する場合は、計器電源を切るか、またはキャンセルキーで INPUT に戻ります。



炉乾燥法による含水比試験試料を採取

＊ α値を決定するには盛り土部 3～5 箇所で①～④の操作を繰り返すと精度が上がります。

＊ あらかじめ得られてある土質試験の含水比のデータは水分補正には使用できません。

＊ α測定はなるべく土採り場でなく、盛り土部で行って下さい。

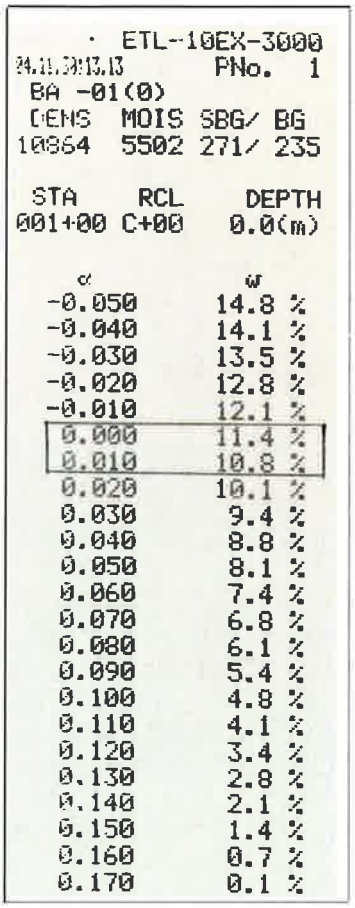
＊ 基本的にα値は材料が変わらない限り変更は不要です。ただし道路公団の施工管理要領では土量による基準試験毎にα値も測定することになっています。

＊ 含水比が比較的低い場合、ＲＩ計器、炉乾燥法双方の測定誤差からマイナスの補正になることがあります。

⑤ α値の入力

後日、α値が決定したら〔５〕の材料情報の入力で土粒子密度ρｓ、最大乾燥密度ρｄｍ、α値を同時に入力して下さい。

☆　**α値の決定例**（炉乾燥で得られた含水比wに対応するα値を見つけます。）

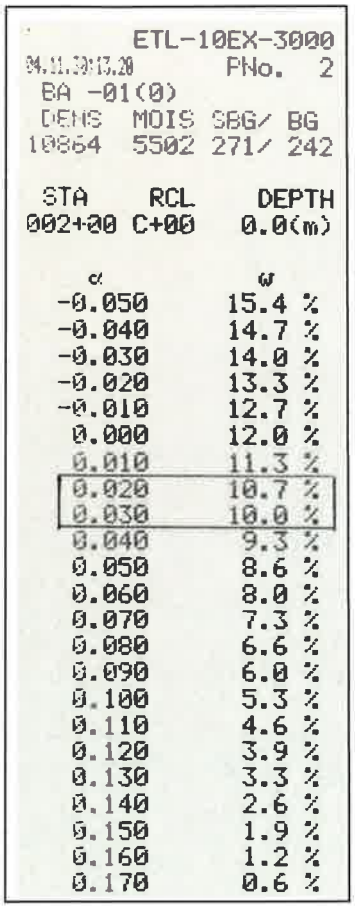


ETL-10EX-3000
04.11.30 17:13　　PNo. 1
BA -01(0)
DENS MOIS SBG/ BG
10864 5502 271/ 235

STA RCL DEPTH
001+00 C+00 0.0(m)

α	w
-0.050	14.8 %
-0.040	14.1 %
-0.030	13.5 %
-0.020	12.8 %
-0.010	12.1 %
0.000	11.4 %
0.010	10.8 %
0.020	10.1 %
0.030	9.4 %
0.040	8.8 %
0.050	8.1 %
0.060	7.4 %
0.070	6.8 %
0.080	6.1 %
0.090	5.4 %
0.100	4.8 %
0.110	4.1 %
0.120	3.4 %
0.130	2.8 %
0.140	2.1 %
0.150	1.4 %
0.160	0.7 %
0.170	0.1 %

001 地点
炉乾燥法でw＝11.2 %

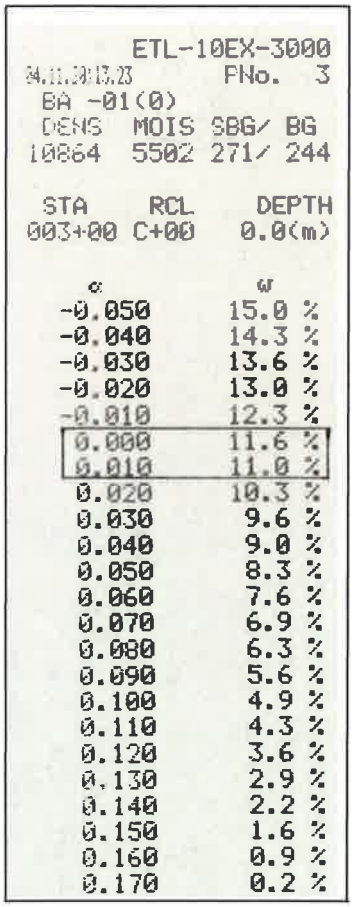


ETL-10EX-3000
04.11.30 17:20　　PNo. 2
BA -01(0)
DENS MOIS SBG/ BG
10864 5502 271/ 242

STA RCL DEPTH
002+00 C+00 0.0(m)

α	w
-0.050	15.4 %
-0.040	14.7 %
-0.030	14.0 %
-0.020	13.3 %
-0.010	12.7 %
0.000	12.0 %
0.010	11.3 %
0.020	10.7 %
0.030	10.0 %
0.040	9.3 %
0.050	8.6 %
0.060	8.0 %
0.070	7.3 %
0.080	6.6 %
0.090	6.0 %
0.100	5.3 %
0.110	4.6 %
0.120	3.9 %
0.130	3.3 %
0.140	2.6 %
0.150	1.9 %
0.160	1.2 %
0.170	0.6 %

002 地点
炉乾燥法でw＝10.4 %



ETL-10EX-3000
04.11.30 17:23　　PNo. 3
BA -01(0)
DENS MOIS SBG/ BG
10864 5502 271/ 244

STA RCL DEPTH
003+00 C+00 0.0(m)

α	w
-0.050	15.0 %
-0.040	14.3 %
-0.030	13.6 %
-0.020	13.0 %
-0.010	12.3 %
0.000	11.6 %
0.010	11.0 %
0.020	10.3 %
0.030	9.6 %
0.040	9.0 %
0.050	8.3 %
0.060	7.6 %
0.070	6.9 %
0.080	6.3 %
0.090	5.6 %
0.100	4.9 %
0.110	4.3 %
0.120	3.6 %
0.130	2.9 %
0.140	2.2 %
0.150	1.6 %
0.160	0.9 %
0.170	0.2 %

003 地点
炉乾燥法でw＝11.5 %

【算出方法】　αと含水比wは１次関数の関係にありますから

$$\alpha = B \times w + A \qquad \text{――――（1）}$$

上記のαﾃｰﾌﾞﾙ例（001 地点)でα＝-0.05 のときw＝14.8%から（１）式は

$$-0.050 = B \times 14.8 + A \qquad \text{――――（2）}$$

α＝0.170 のときw＝0.1%から（１）式は

$$0.170 = B \times 0.1 + A \qquad \text{――――（3）}$$

（２），（３）の連立方程式を解きA，Bを決定すると、
A≒ 0.171497，B≒ -0.014966　　となります。
したがって、（１）は、
α＝－0.014966×w＋0.171497　　となります。
001 地点では、炉乾燥法のw＝11.2%であるので、α≒0.0039　となります。
同様に、002，003 地点のα値を求め、αの平均値を求めます。

$$\alpha\text{の平均値} = \frac{0.0039 + 0.0243 + 0.0020}{3} = 0.0101 \fallingdotseq \underline{0.010}$$

DATA INPUT でαを 0.010 と入力します。

※　**巻末の CD ソフト（補間計算）にてαの平均値は、簡単に計算出来ます。**
詳細な使用方法の説明は、CD ソフトに収納されています。

※　α値を途中で変更した場合、各々のデータを換算出来るソフト（変更再計算）も CD に収納されていますので必要に応じてご使用ください。

付録１．ＲＩ計器の原理

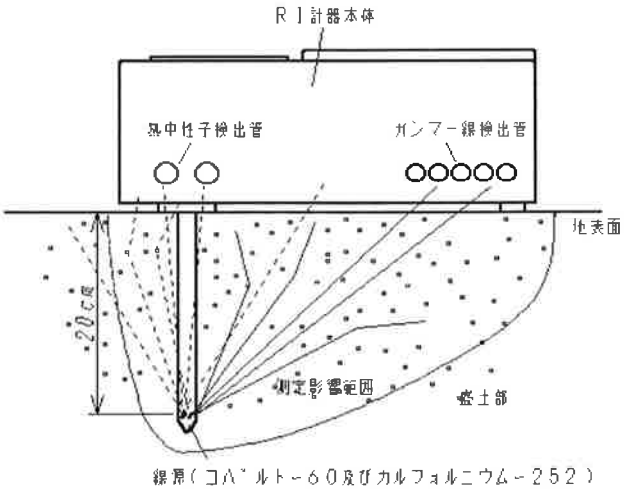
放射線は土中を通過することで、そのエネルギーが減弱しますが、この減弱の度合いと密度、水分量のあいだには一定の相関関係が成り立ちます。この関係があらかじめわかっていれば、通過してくる放射線の数量を測定することで土の密度、水分量を求めることができます。以下は操作に直接関係ありませんが、興味のある方はご一読下さい。より理解が深まります。

１．湿潤密度の測定

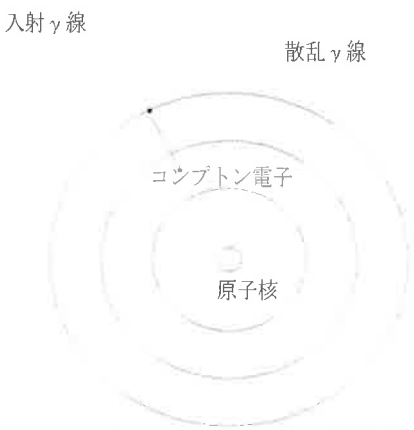
RI 水分密度計で土の湿潤密度を測定するには Co-60 から放出されるγ線が用いられます。光子（γ線、X 線、光のこと）と物質中の原子との相互作用には、おもに光電効果、コンプトン効果および電子対生成の 3 種類の作用があります。Co-60 からのγ線エネルギーが平均 1．25［MeV］（メガエレクトロンボルトと呼びます）であること、また土を構成する主な元素は珪素や酸素で、これらの原子番号が比較的小さい理由からコンプトン効果が主な作用になります。γ線は原子中の軌道電子と弾性散乱することで、そのエネルギーの一部を失います（コンプトン効果）。これを何度か繰り返し、エネルギーが非常に小さくなると最終的には光電効果によりそのエネルギーのすべてを失い消滅します。ここでコンプトン効果のおこる割合は軌道電子数に比例します。電気的に中性な元素では電子数と原子核の陽子数（＝原子番号）は同数ですから、コンプトン効果のおこる割合は原子番号に比例するとも言えます。

一方、物質の質量とはミクロ的には原子核の質量と言えます（電子の質量はごくわずかで無視できます）。比較的軽い元素の原子核は同数の陽子と中性子が結合された状態で構成されています。例えば珪素の原子核は陽子 14 個、中性子 14 個から成ります。ただし、ここで水素だけは例外で陽子 1 個だけです。しかし土中での水素はほとんど水分子（H_2O）で存在しますからこの点を考慮すると他の元素とそう差はなく、土のように比較的軽い元素の質量はそれぞれの原子番号にほぼ比例します。

以上から土中でコンプトン効果のおこる割合、つまりγ線が土中の元素の軌道電子と相用作用し減弱される割合は原子番号に比例、原子番号と物質の質量は比例しますからγ線の通過量を測定することで土の密度（＝位体積あたりの質量）を求めることできるわけです。



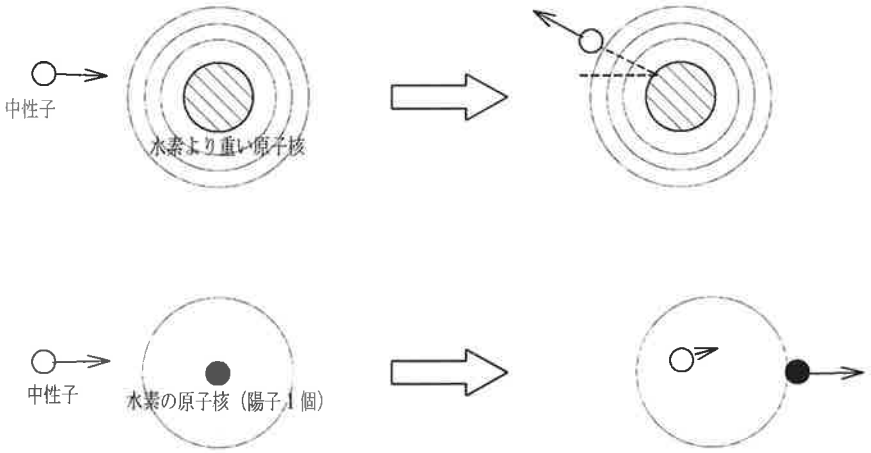
線源（コバルト－６０及びカルフォルニウム－２５２）



（コンプトン効果の概略図）

２．水分量の測定

RI水分密度計で土の水分量を測定するにはCf-252から放出される中性子線が用いられます。γ線が物質中の電子と相互作用するのに対し、中性子線は物質中の原子核と相互作用します。中性子線とは中性子そのものですが、中性子は自身より重い元素の原子核と衝突すると大きく方向を変えられるだけでその速度はほとんど失いません。しかし、自身と同程度の質量の元素、つまり水素の原子核（水素の原子核は陽子１個のみで中性子１個とほぼ同質量）と衝突するとその速度を大きく失い（ちょうどビリヤードの玉の衝突に例えられます）、これを何度か繰り返すと最終的には熱中性子（室温で気体分子が熱運動する程度の低速の中性子）になります。水分子（H_2O）は水素を含みますから結局、中性子線の減弱の程度を測定することで、土中の水素の量を知る、すなわち水分量を知ることができます。



付録２．測定結果の計算式

測定されたガンマー線および中性子線のカウント数より湿潤密度と含水量が求まります。

１．湿潤密度　ρｔ（ｇ／ｃｍ^3）

$$\rho\ t = -\frac{E}{F} + \frac{1}{F} \cdot \ln \frac{Dens.mes - BG.mes}{Dens.std - BG.std}$$

ここで、ｌｎは自然対数、　Ｅ，Ｆは校正定数
Dens.mes:現場測定でのγ線計数率
BG.mes　:　〃　ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ計数率
Dens.std:基準測定でのγ線計数率
BG.std　:　〃　ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ計数率

2.　含水量　ρｍ（ｇ／ｃｍ^3）

$\frac{\alpha(H \cdot I - J) + J}{H} = K$　、K－1＝Ｌ　、Ｈ・Ｌ＝Ｍ　とすると

$$\rho\ m = -\frac{1}{M} \cdot \ln \frac{Mois.mes}{Mois.std} + \frac{G}{M} + \frac{\rho t \cdot K}{L}$$

ここで、ｌｎは自然対数、Ｇ，Ｈ，Ｉ，Ｊは校正定数、αは強熱減量補正係数
Mois.mes:現場測定での中性子線計数率
Mois.std:基準測定での中性子線計数率

☆　上記の２項目から以下を算出します。

3.　乾燥密度　ρｄ（ｇ／ｃｍ^3）

$\rho\ d = \rho\ t - \rho\ m$

4.　含水比　ｗ（％）

$$w = \frac{\rho\ m}{\rho\ d} \times 100$$

5.　空気間隙率　Ｖａ（％）

$$Va = (1 - \frac{\rho\ d}{\rho\ s}) \times 100 - \rho\ d \cdot w = (1 - (\rho\ m + \frac{\rho\ d}{\rho\ s})) \times 100$$

ここで、ρｓは土粒子の密度

6.　飽和度　Ｓｒ（％）

$$Sr = \frac{\rho\ s \cdot w}{(\frac{\rho\ s}{\rho\ d} - 1)}$$

7.　締固め度　Ｄｃ（％）

$$Dc = \frac{\rho\ d}{\rho\ d\ max} \times 100$$

ここで、ρｄmaxは最大乾燥密度

付録3. ＲＩ計器のチェック機能

測定を始めるにあたり、計器が正しく作動するかどうかの点検が重要ですが、本器は当日の基準計数率N'（測定値）と計算値N（初期日すなわち校正日の計数率から放射線の減衰計算から導き出された当日の計数率）を比較することにより計器の良否を判断しています。以下、このチェック機能について説明します。尚、放射性同位元素の崩壊は統計的バラツキをもち、その平均値の回りに分散しますので当日の基準計数率の測定値と計算値とは必ずしも一致しません。

計算値 Nは次式で表されます。

$$N = N_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{t'/t}$$

ここで、N_0 ：初期日の基準計数率

t ：半減期 （ｺﾊﾞﾙﾄ-60 は 1970 日、ｶﾘﾌｫﾙﾆｳﾑ-252 は 967 日）

t' ：初期日から測定当日までの経過日数

また、測定当日の基準計数率をN'、基準計数率の測定時間をＴ（分）とすると、計数率はN'を中心にバラツキをもち、そのバラツキは標準偏差σで

$$1\sigma = \sqrt{\frac{N'}{T}}$$

となります。測定当日、現場測定を行う前に基準測定をおこなうことにより、当日の基準計数率N'と計算値Nを比較し、その差が±12σ以内であれば正常として先へ進み、範囲外であれば異常と判断し再測定の指示を表示することで、ＲＩ計器が自動的に機器の異常をチェックします。

（計算値N）－（当日の基準計数率N'）
- ±12σ以内 → 正常
- ±12σを超える → 異常

付録４　消耗品の交換、その他

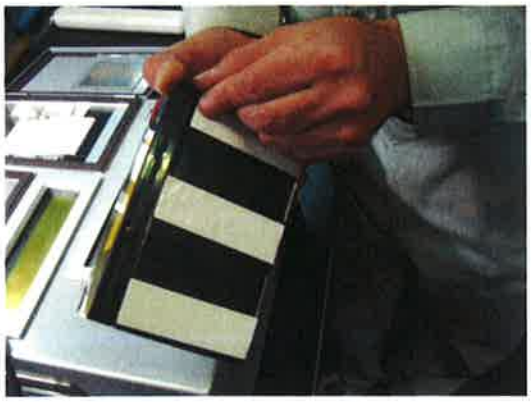
（１）バッテリーの交換

① 計器本体の電源を切り、100Ｖ電源コードはコンセントからはずした状態で、バッテリーの端子（＋）（－）２本をはずします。

② 鉄板またはドライバーを、バッテリー背面の隙間に差し込み、両面テープを少しずつはがします。

③ 鉄板またはドライバーでこじりながら、バッテリーを取り出します。両面テープはバッテリーの底にもついています。

④ 新バッテリーの両面テープの保護テープをすべてはがします。



⑤ バッテリーの背面を、バッテリーボックスの背面に合わせるように位置決めをして新バッテリーをボックス内に貼り付けます。

⑥ コードを新バッテリーの端子に接続します。（＋）（－）に気をつけ、赤が（＋）、黒が（－）です。これで交換完了です。

（2）プリンターの交換

1 計器本体の電源を切りプリンター部の蓋を開いて、インクリボン・ロール紙・巻き取り器を取り出します。

2 ［写真 1］ Aの矢印で示した 4 個のネジをゆるめ、ロール紙支持台を斜め下方向にずらします。

3 ［写真 1］ Bの矢印で示した 2 個のネジをゆるめます。このネジも外さず、緩めるだけにします。

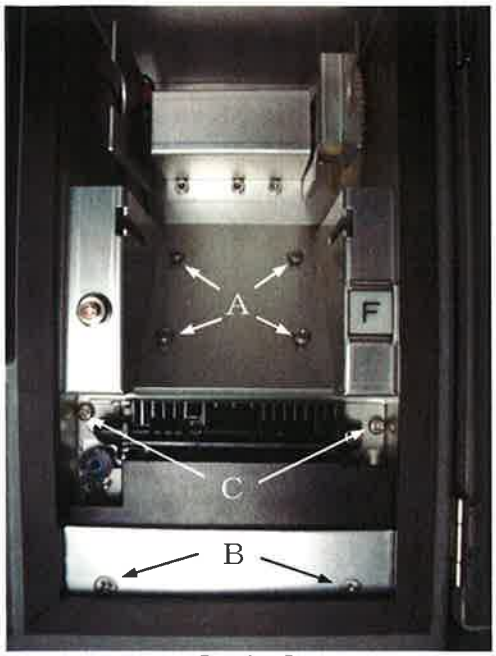
4 ［写真 1］ Cの矢印で示したプリンター固定用の 2 個のネジをはずします。

5 プリンター固定用のネジをはずすと、プリンター本体を引き出すことができますので［写真 2］の状態まで引き出します。
この時断線等のおそれがありますので、この状態以上無理に引き出さないでください。

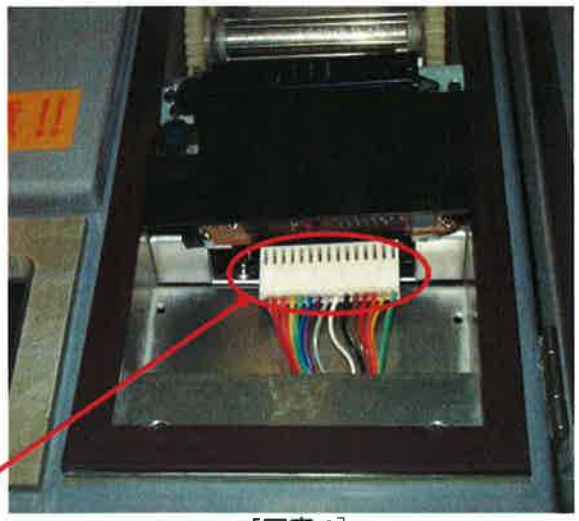
6 片方の手でプリンター本体を持ち、もう片方の手で［写真 2］のようにコネクター部両端のフック部を持ち、一度コネクターをはずし、また装着します。
この脱着を 2～3 回繰り返してもかまいません。

7 プリンターを元の位置に戻して 2 個のネジで固定し、さらにロール紙支持台も元の位置に戻して 4 個のネジを締め、最後に［写真 1］ Bの 2 個のネジを締めます。

8 ロール紙・巻き取り器・インクリボンを元通りにセットして作業完了となります。



［写真 1］


［写真 2］

コネクターのピンの見える面が上になる様に接続。

※この作業を行ってもプリンター系統が正常な状態に復帰しない場合は、プリンター本体の交換、あるいは内部修理が必要となりますので、弊社辰巳工場までご連絡下さい。

付録５　トラブルシューティング

1　画面操作関係

	現　　象	要　　因	処　　置
1	現場測定または強熱減量補正係数の測定において、測定キーを押しても測定が開始されない。	測点番号（STA-000+00）が入力、あるいは変更されていない。	測点番号を入力する。
2	キャンセルキーを押してもキャンセルされない。	プログラム上、キャンセルキーのみで前画面に戻る場合と、キャンセルキー＋データ入力キーで所定の画面に戻る場合の二通りある。	キャンセルキーを押した後、データ入力キーを押す。
3	キー操作がきかなくなった。 時間表示が止まったまま動かない。	プログラムの暴走。	強制終了して再起動する。 入キーを５秒以上押し続け、指を離す。再度電源入で５分間のウォーミングアップの後画面が復帰する。
4	入キーで電源を入れても、画面に何も表示されない。	画面コントラスト調整ボリュームを薄い側いっぱいにまわしている。	備付けの小ドライバーでコントラスト調整ボリュームを調節する。

2　電源関係

	現　　象	要　　因	処　　置
1	バッテリーがもたない。	過放電になっている。	計器を使用した日は、その当日の夜一晩充電するようにする。 （過充電になることはない。）
2	100Ｖ電源コードをコンセントにさしこんでも「通電」の赤ランプが点灯しない。	100Ｖ電源コードと本体の接続部分のコネクターが接触不良を起こしている。	コネクターの固定リングをまわして、コネクターを一度抜き差しして、元通り固定する。
3	二日以上充電しても「充電」の赤ランプが消えない。	バッテリーの劣化、寿命	［付録４］バッテリーの交換手順を参照しバッテリー交換する。
4	測定あるいは操作中、しばらく放置しておいたら電源が切れていた。	2時間キー操作をせずに放置するとオートパワーオフ機機能により電源が切れる。	入キーを押して再起動する。 測定中だった場合は、切れる直前の画面に復帰する。

3　プリンター関係

	現　　象	要　　因	処　　置
1	プリンターは動いているが、何も印字されてこない。	インクリボンのテープ部分がずれて噛み込んでいる。	一度インクリボンをはずし、再度装着し直す。
2	画面にプリンター異常表示が出た。 文字が縦に間延びしている。	プリンターケーブルのコネクタが接触不良を起こしている。 電気信号伝達系統の異常。	［付録４］プリンターの交換手順を参照し、プリンター背面のコネクターを抜き差ししてみる。

3	紙が送られず、同じ位置で印字を続けている。 印字が部分的に縦に縮んでいる。	プリンターギア部に土ぼこりが付着し、ギアが磨耗している。	プリンター本体の交換要。 弊社辰巳工場までご連絡下さい。 ［付録４］の手順で簡単に交換可。
4	インクリボンを交換してもすぐに印字が薄くなる。	同上	同上

4　データ関係

	現　　象	要　　因	処　　置
1	基準測定の際、画面に計数率異常の表示、あるいは下のような表示が出た。 	・バックグラウンドの測定の際、線源棒を 20m以上離していない。 ・何かの原因で当日の日付、あるいは校正試験の日付がずれている。 ・近くでＲＩ計器をもう１台使用している。あるいは他の計器番号の線源棒を使っている。 ・地面で基準測定を行っている。 ・近くに送電線が通っている。 ・検出管、内部基板の故障。	→バックグラウンド測定時は線源棒を計器から 20m以上離す。 →画面またはプリンター打出し結果で日付を確認する。 →他の線源棒は 20m以上離す。計器と線源棒は同一の番号であることを確認して使用する。 →基準測定は基準 Box 上で行う。 →送電線直下の測点はなるべく避ける。 →弊社辰巳工場までご連絡下さい。
2	強熱減量補正係数早見表（αテーブル）の中に、該当する含水比の値がない。	・事前の土質試験データの含水比を利用している。 ・補正係数測定作業の際、計器の下以外の場所の土を採取した。 ・採取した土の含水比が、測定作業の時点と含水比試験の時点とで変化した、または乾燥時間不十分。	→事前の土質試験の含水比データは利用できません。 →測定時の計器真下の土を採取する。（再測定要） →採取した土は乾燥に注意し、早急に含水比試験にかける。粘性土は十分乾燥する。（再測定要）
3	締固め度（Dc）が 100%を越える。	土質試験時の最大乾燥密度（ρｄｍ）が以下の理由等により現実に合致していない。 ・土質試験方法（特にレキの扱い） ・土取場の掘削量に伴う、土質の変化 ・数種の材料使用時の、計器への材料情報設定ミス	全測点の平均値が 100%を極端に超える場合等は左記の要因を疑い、場合によっては再土質試験を試みる。 1～2 点が多少超える程度でしたら特に問題はないと思いますが、念のため施主様または関係 RI 計器施工要領にてご確認ください。
4	締固め度（Dc）が規格値を大きく下まわる。	上記 3 の要因以外に以下の理由も考えられる。 ・管理指標の設定ミス （Dc 管理　or　Ｖａ管理） ・現場バックグラウンドの影響 （測定箇所の材料土が放射性の材料を含む場合、この材料の放射線の影響を受ける。） ・降雨後の測定で含水比が異常に高くなっている。	→関係 RI 計器施工要領にてご確認ください。 →現場バックグラウンドの測定は実際の測点付近の材料土上で行い、事務所その他のコンクリート上等では行わない。 →降雨直後の測定は行はない。

付録６　仕様

☆　仕様

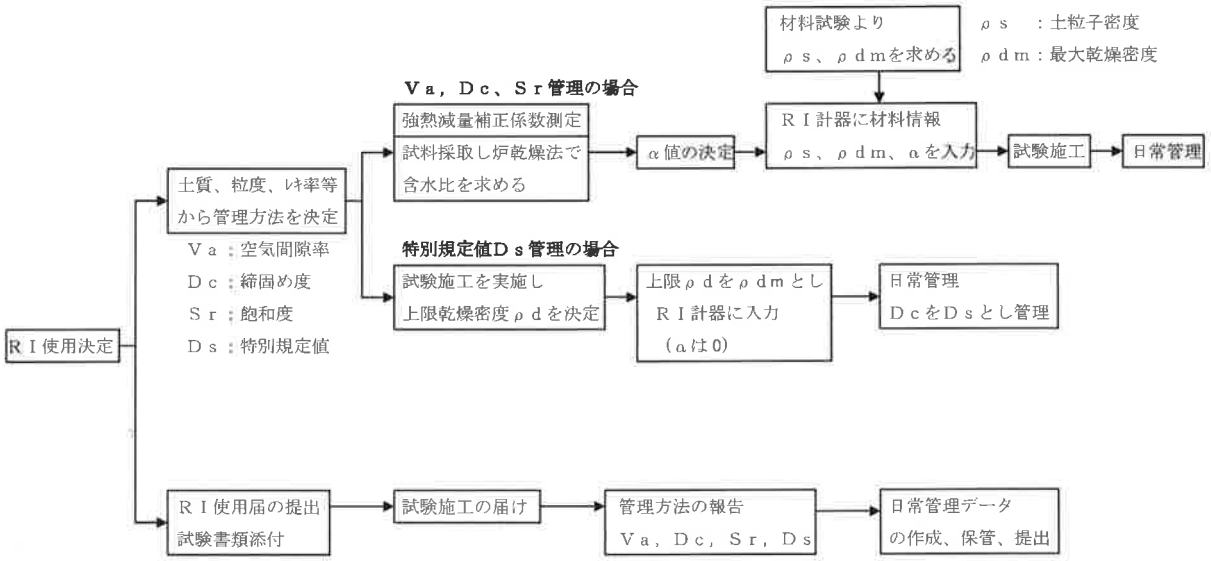
	密度測定	水分測定
核種	コバルト-60	カリフォルニウム-252
放射線強度	2.59MBｑ	1.11MBｑ
放射線種類	ガンマー線	中性子線
測定方式	ガンマー線透過型	中性子線透過型
測定範囲	0.8～2.8ｇ／ｃｍ^3	0.05～1.00ｇ／ｃｍ^3
検出器	GM 管―5 本	^{3}He 管―2 本
計数範囲	0～99999ｃｐｍ（ｃｐｍは 1 分間あたりのカウント数）	
測定値表示	液晶ディスプレー及び内蔵プリンターにより表示	
測定時間	標準体計数率、標準体 BG 計数率：各 10 分間 現場 BG 計数率、現場測定：各 1 分間	
内部電源	蓄電池 6V（充電式）、連続使用時間：約 10 時間	
外部電源	AC100V	
消費電力	3ＶＡ	
オートパワーオフ機能	あり（2 時間何もしないと自動的に電源が切れます。）	
使用温度範囲	0～50℃	
外部出力（オプション）	RS232C による出力（データ転送システム）	
線源棒紛失防止機能（オプション）	RI 計器本体より線源棒を取外した時に、発光ﾀﾞｲｵｰﾄﾞとﾌﾞｻﾞｰが作動	

☆　寸法、重量

計器本体	寸法 D365×W310×H160ｍｍ、重量 約 11ｋｇ
基準ボックス	寸法 D390×W330×H400ｍｍ、重量 約 22ｋｇ
本体運搬用コンテナボックス	寸法 D530×W420×H600ｍｍ、重量 約 10ｋｇ
線源棒	寸法 16φ×215ｍｍ
線源棒運搬兼保管容器	

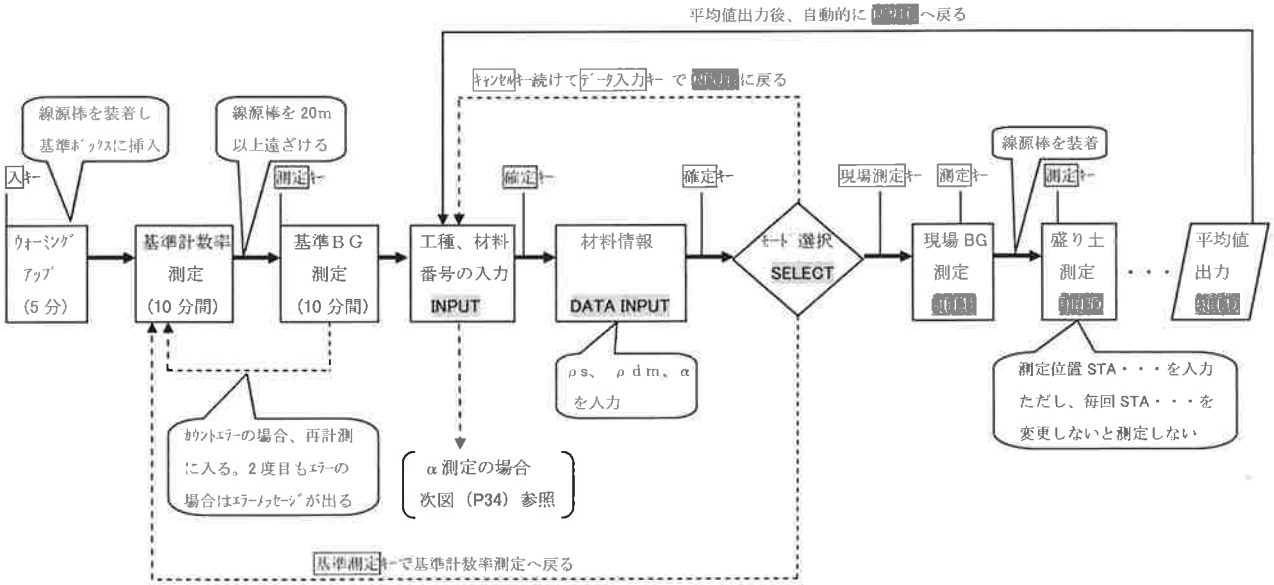
付録７　フローチャート

ＲＩ計器使用のフローチャート

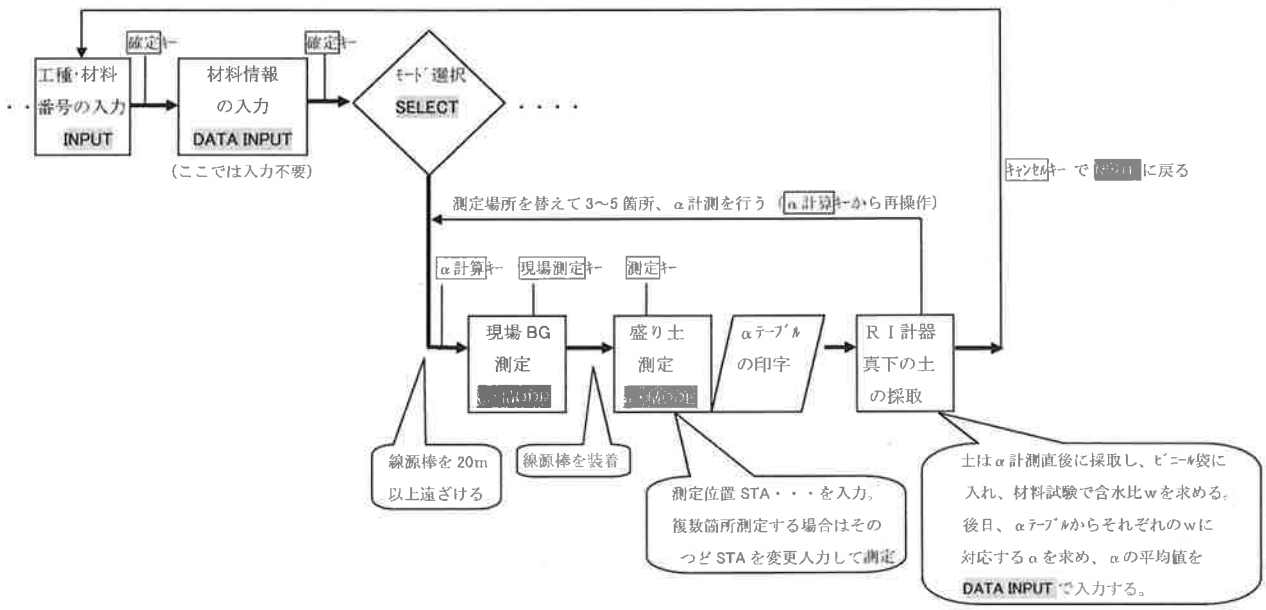


官公庁、公社公団（日本道路公団、国土交通省、県、都市機構ほか）

通常現場測定のフローチャート



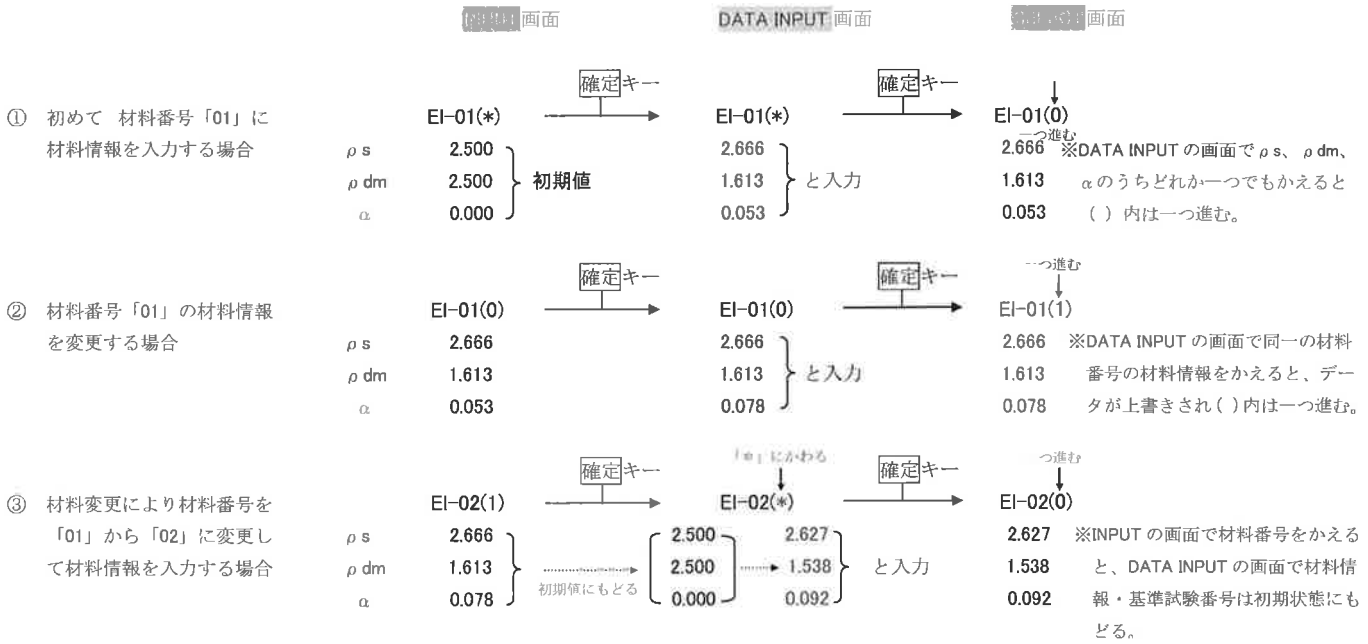
強熱減量補正係数（α）測定のフローチャート



付録８　材料情報の入力と基準試験番号の動き

例：　EI－01 (*)
　　　　　　└→ 基準試験番号
　　　　└→ 材料番号

（ ）内の基準試験番号が（＊）になっている時は、材料情報未登録であることを意味し、左記の例では材料番号「01」には何も材料情報がなく、初期状態であることを示します。



① 初めて 材料番号「01」に材料情報を入力する場合

② 材料番号「01」の材料情報を変更する場合

③ 材料変更により材料番号を「01」から「02」に変更して材料情報を入力する場合

ＣＤに収納されているソフト

１．α値に関する計算
　①．α値の補間計算
　　（αﾃｰﾌﾞﾙと測定した含水比から、αを決定するための計算ｿﾌﾄ）
　②．α値の変更再計算
　　（α値を変更後、各ﾃﾞｰﾀの換算をするための計算ｿﾌﾄ）

２．データシート，点検簿

３．データ転送システム
　　（RI 計器のﾃﾞｰﾀを PC に読み込み、ﾃﾞｰﾀ整理をするためのｿﾌﾄ）
　※　工事管理支援システム（Kcube）にﾃﾞｰﾀが読み込めます。

４．簡易取扱説明書
　　（現場持ち歩き用にまとめた取説書）

５．取扱説明書

株式会社　オーテック環境

（　旧社名　　株式会社　チュートク　）

本社
〒135－0016　東京都江東区東陽三丁目 11 番 10 号
TEL　03（3699）6331
FAX　03（3699）6340
http://www.o-tec-k.co.jp/

辰巳工場
〒135－0053　東京都江東区辰巳三丁目 20 番 24 号
TEL　03（3522）7211
FAX　03（3522）7210